

E 4 Förbifart Stockholm

Komplettering Tillåtlighet

Fråga 11

PM

**En bedömning av hälsorisker vid färd
i långa tunnlar**

2009-02-26

Innehåll

1	Kompletteringsuppgift 11	4
2	Allmänt om trafikföroreningar och tunnelluft	4
3	Vägutredningens studie av hälsokonsekvenser	5
3.1	Korttidsexponering – ett tröskelperspektiv	5
3.2	Långtidsexponering – ett dosperspektiv	7
4	Fortsatt utredning om exponering i Förbifart Stockholms tunnlar.....	8
4.1	Luftföroreningar i tunnlar – jämförelse av riktvärden.....	8
4.2	Lämplig indikator för tunnelluft.....	9
4.3	Riktlinjer för Förbifart Stockholms tunnelluft	10
5	Åtgärder.....	10
5.1	Tunnelventilation.....	10
5.2	Rening av tunnelluft	10
5.3	Information och trafikstyrning	11
6	Samlad bedömning.....	11
	Referenser.....	11

Bilagor:

PM Hälsorisker av luftföroreningar i vägtunnelluft. Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin, Umeå Universitet, 2008.

Underlag och förutsättningar för fortsatt projektering om luftkvalitet för Förbifart Stockholm, SLB-analys rapport 5:2008

1 Kompletteringsuppgift 11

Departementets fråga:

En närmare redovisning av det underlag som ligger till grund för bedömningar av hälsorisker och hälsokonsekvenser som kan uppstå för människor som kommer att färdas i tunnelarna. Det bör även framgå om nyare underlag finns tillgängligt (jmf MKB sid 208). Konsekvensbedömningen avseende exponeringen – i synnerhet långtidsexponeringen – för luftföroreningar i tunnelarna bör förtydligas. Genomförbara åtgärder som kan förebygga eller minska eventuella negativa konsekvenser ska redovisas tydligare.

Nedanstående redovisning är huvudsakligen en sammanfattning av underlagsrapporten till vägutredningens MKB, *Hälsokonsekvenser av luftföroreningsexponering vid tunnelalternativ respektive ytvägar*, samt två nyligen framtagna rapporter, *Hälsorisker av luftföroreningar i vägtunnelluft* och *Underlag och förutsättningar för fortsatt projektering om luftkvalitet för Förbifart Stockholm*.

2 Allmänt om trafikföroreningar och tunnelluft som hälsorisk

Trafikrelaterade föroreningarna i tunnelmiljö är av samma slag som luftföroreningar längs ytvägnätet. De består av avgaskomponenter respektive slitagepartiklar från fordon och vägbana. Skillnaden är att halterna är högre i tunnelmiljön.

De luftföroreningar som trafiken genererar kan bidra till såväl akuta som kroniska hälsoeffekter. Av betydelse för bedömningen av tunnelluft är naturligtvis föroreningar där en kortvarig men hög exponering, liknande den i tunnelmiljö, kan utlösa akuta effekter. Dessutom är exponeringen i tunnelmiljön en del av individers sammantagna exponering som kan bidra till uppkomst av kroniska effekter. Ett flertal avgaskomponenter är klassade som, eller misstänkts vara cancerframkallande. För cancerframkallande ämnen antas normalt risken bero av dosen utan några klara tröskelnivåer under vilka exponeringen är betydelselös. Samma föroreningar, som utgör cancerrisker, men även andra ämnen kan verka irriterande på andningsorgan, ögon etc.

I många fall har risken för akuta eller kroniska hälsoeffekter av trafikföroreningar studerats med exponeringsindikatorer, exempelvis kvävedioxid (NO₂) eller PM10¹. Den komplexa blandning av komponenter som finns i trafikpåverkad luft gör det oftast inte möjligt att urskilja den betydelse som enskilda komponenter har. Resultaten från studier ger dock indikationer på att gaserna kväveoxid (NO) och kolmonoxid (CO) inte ligger bakom den försämring för astmatiker som ses vid förhöjda luftföroreningshalter.

¹ Masskoncentration av partiklar < 10 mikrometer

Av betydelse för hälsoriskbedömningen av tunnelluft är dels att relationen mellan NO₂ och andra avgaskomponenter kan skilja sig betydligt mellan tunnelluft och omgivningsluft. Det beror framför allt på skillnader i ozontillgång. I omgivningsluften finns en konstant tillgång på ozon som oxiderar NO till NO₂. I tunnlar förbrukas ozonet om det inte finns något inkommande flöde av frisk luft. I långa tunnlar med liten friskluftsinblandning tar ozonet i princip slut. Därmed begränsas eller uteblir oxidation av NO till NO₂. Halten av NO₂ blir därmed en dålig indikator på avgashalten eftersom övriga avgaskomponenter underskattas.

Under senare år har det presenterats ett antal studier som tyder på att boende och vistelse nära stora trafikleder innebär ökad risk för akut hjärt-kärlsjukdom, försämrad tillväxt av barns lungor och ökad risk för allergi och astma. Dessa samband har kopplats till exponering för motoravgaser snarare än till den grova partikelfractionen. Vissa studier har indikerat dieselavgaser som betydelsefulla. Ett antal studier har funnit att halten avgasrelaterade partiklar, liksom finpartikelfractionen PM_{2.5}, har en starkare koppling till allvarliga hälsoeffekter än vad halten av PM₁₀ har.

Att närhet till stark trafik visat sig ge starka samband till flera typer av effekter brukar tolkas som att "färska avgaser" skulle vara särskilt reaktiva och därigenom mer toxiska.

3 Vägutredningens studie av hälsokonsekvenser

För att bedöma hälsokonsekvenserna av att färdas i långa tunnlar utgår man från de halter av luftföroreningar som beräknas finnas i tunnelarna i framtiden eftersom det är avgörande för den exponering som trafikanterna kommer att utsättas för. Framtida halter i Förbifart Stockholms tunnlar bestäms av en rad olika faktorer som trafikmängd, fordonens emissioner öppningsåret och därefter samt tunnelns ventilationssystem. Dessa faktorer påverkas i sin tur av lagstiftning, beslut om riktvärden och andra styrmedel.

I Stockholm tillämpas för tunnelluft riktvärdet 400 µg NO₂/m³ räknat som medelvärde under en timme. Under senare år har det dock uppmärksammats att NO₂ inte är en lämplig indikator för tunnelluft, se kapitel 2. Eftersom de flesta studier av hälsa utgått från NO₂ är det ändå den luftförorening som vägutredningens hälsokonsekvensbedömning baseras på.

Förbifart Stockholm planeras bli en 16-17 km lång tunnel för 90 km/h, vilket innebär att det tar cirka 11-12 minuter att köra hela sträckan om det inte är kö. Med hänsyn till risken för viss köbildning beräknas tiden i Förbifart Stockholms tunnel kunna bli upp till 15-20 minuter.

Vägutredningens utredning om hälsa omfattade både konsekvenser av korttidsexponering och långtidsexponering av tunnelluft.

3.1 Korttidsexponering – ett tröskelperspektiv

En svensk studie där människor exponerades för luft i Söderledstunneln är den mest relevanta studien av tunnelluftens hälsoeffekter. Utifrån studien kan konstateras att 30 minuter med en

halt av PM_{2,5} över 100 µg/m³ och samtidigt NO₂ över 300 µg/m³ gav astmatiker en mild, men mätbar reaktion. Det kan tolkas som att astmatiker i sämre tillstånd hade reagerat kraftigare².

Halterna av PM_{2.5} på ca 60-80 µg/m³ i Söderledstunneln har i ett par studier med två timmars exponering endast medfört milda effekter i andningsorganen. Både avgaspartiklar och vägdamm medför dock redan i de halter som finns i omgivningen påvisbara samband vid längre exponeringstider (1-2 dygn), vilket tycks mer osäkert för kvävedioxid.

Sammanfattningsvis utgörs riskgrupperna främst av personer med hjärt/kärl- och lungsjukdom, vilka visats särskilt känsliga vid korttidsexponering för trafikrelaterade luftföroreningar. Föroreningarna i vägtunnelmiljö kan vid en exponering på 30 min till några timmar leda till akuta effekter i andningsvägar och troligen även på hjärt/kärlsystemet hos känsliga personer. Studierna i tunnelmiljö är dock få och ger ingen fullständig bild av riskerna.

Resonemanget som fördes i vägutredningens MKB var att för att minska risken för korttidseffekter på känsliga personer, bör exponeringen (dvs. halten och/eller exponeringstiden) sammantaget hållas lägre än i ovan nämnd tunnelstudie. Hälften så hög exponering (halt * tid) i tunnelmiljön bör kunna ses som en betydelsefull skillnad, dvs. 30 minuter med en halt motsvarande 150 µg/m³ av NO₂ eller 15 minuter med 300 µg/m³ (osv). Vid denna halt bör även astmatiker kunna färdas i tunneln utan att få problem.

Om detta resonemang appliceras på Förbifart Stockholm innebär det att vid en fritt flytande trafik som ger en restid på 11 minuter och med en dimensionering om en maxgräns på 400 µg/m³ NO₂, så ligger trafikanternas exponering under föreslagen nivå. Vid köbildning ökar restiden genom tunneln och även luftföroreningshalterna. För att inte exponeringen ska överskrida föreslagen nivå måste ventilationssystemet dimensioneras för lägre halter.

Det är i dagsläget osäkert hur låga halter av NO₂ som kan uppnås i Förbifart Stockholms tunnlar. Vägutredningens studier av tunnelventilationen angav 300 µg/m³ som en lägsta möjliga halt att nå med långsgående ventilation. Nya beräkningar kommer att göras eftersom ett senarelaggt öppningsår (jämfört med vägutredningen) medför lägre emissioner. Den tekniska utvecklingen och övergången till elbilar medför att det successivt kommer bli lättare att klara gränsvärdet. Detta motverkas dock av om det i stället för bro över Lambarfjärden blir tunnel. Den längre sammanhängande tunneln gör det svårare att klara gränsvärdet.

Om det inte är möjligt att klara 300 µg/m³ under de första åren kommer det således att vara olämpligt för känsliga personer att köra genom hela tunneln i högtrafik. Den exponering som trafikanter då kan få medför dock inte effekter på friska personer. Vid dessa situationer finns möjlighet att informera om tunnlarernas höga luftföroreningshalter så att känsliga personer kan välja ytvägnätet.

² Hälsokonsekvenser av luftföroreningsexponering vid tunnelalternativ respektive ytvägar.

3.2 Långtidsexponering – ett dosperspektiv

För bedömning av hälsokonsekvenser av långtidsexponering beräknades i vägutredningen skillnaden mellan resenärens exponering vid färd genom tunnel respektive på ytvägnät. Som utgångspunkt i analysen beräknades medelhalten av NO_x, NO₂ och PM10 för vägalternativen respektive ytvägnätet, se tabell nedan.

Det ska observeras att i nedanstående beräkningar har emissionsfaktorer för år 2015 använts. Eftersom den tekniska utvecklingen leder till successivt minskade emissioner är halterna, och således även exponeringen, högre än vad de kommer vara öppningsåret. Det är Förbifart Stockholm längre tunnlar som medför högre luftföroreningshalter.

Tabell 1. Medelhalter av luftföroreningar i tunnlar respektive ytvägnät för år 2015. Källa: Hälsokonsekvenser av luftföroreningsexponering vid tunnelalternativ respektive ytvägar.

Alternativ	Medelhalt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) i tunnel respektive ytvägnät		
	NO _x	NO ₂	PM10 ³
Diagonal Ulvsunda	947	83	1222
Förbifart Stockholm	1237	104	1778
Nollalternativet	20	16	32

I analysen av tunnelarnas hälsokonsekvenser anlades ett befolkningsspektiv för att kunna jämföra med beräkningen av hälsokonsekvenserna i länet. Ett befolkningsspektiv innebär att de olika alternativens totala bidrag till människors exponering beräknades (dygnsmedelhalt i tunneln respektive ytvägnät multiplicerades med antal trafikanter i tunnel respektive på ytvägnät, per dygn⁴). Personexponeringen som redovisas i tabell nedan (och i vägutredningens MKB) visar på de olika alternativens dygnsbidrag till befolkningsexponeringen.

Tabell 2. Personexponering under ett dygn vid färd i tunnlar dimensionerade för en maxgräns på 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ samt färd längs ytvägnätet. Källa: vägutredningens MKB.

Alternativ	Personexponering under ett dygn		
	Dygnsmedelhalt ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) x antal resenärer		
	NO _x	NO ₂	PM10
Diagonal Ulvsunda	625 245	52 937	846 321
Förbifart Stockholm	788 371	66 180	1 134 306
Nollalternativet	41 672	32 556	65 139

Beräkningarna visar att i tunnelmiljön är medelhalten av NO_x 11– 12 gånger högre än NO₂-halten. I utomhusluften ligger NO_x-halterna 1-3 gånger högre än NO₂-halterna. Det betyder

³ Med dagens dubbdäcksanvändning om 70 %.

⁴ SLB-analys, Johansson C & Lövenheim B, 2003

att om hälsoeffekter som korrelerats till NO₂ i utomhusluft egentligen beror av andra avgas-komponenter (t.ex. avgaspartiklar), så kan NO₂-halten i tunneln ge en underskattning av hälsokonsekvenserna. I den bedömning som gjordes inom ramen för MKB-arbetet till väg-utredningen antogs därför att *den relevanta avgasexponeringen* i tunnelalternativen motsvarar en kvävedioxidhalt i omgivningsluft 6 gånger högre än tunnelhalten.

Samma metod som tillämpats i vägutredningens hälsokonsekvensberäkningar av omgivningsluft användes för bedömning av tunnelluftens hälsokonsekvenser⁵. Beräkningen visade att den ökade exponering för luftföroreningar som tunneln medför, jämfört med nollalternativet, långsiktigt bedöms medföra en ökning av antalet förtida dödsfall per år med fem personer för Förbifarten och tre personer för Diagonal Ulvsunda.

Sammantaget visar vägutredningens beräkningar av de trafikrelaterade hälsoeffekterna följande: Med Förbifart Stockholm minskar antalet förtida dödsfall hos länets totala befolkning med ca 10-22 personer/år samtidigt som antalet förtida dödsfall hos biltrafikanter ökar med ca 5 personer per år på grund av Förbifart Stockholms tunnelpassager.

4 Fortsatt utredning om exponering i Förbifart Stockholms tunnlar

Efter vägutredningen har Vägverket fortsatt utredningsarbetet av hälsorisker förknippade med luftkvalitet i tunnlar. Utifrån de senaste årens insikt om att NO₂ inte är en lämplig indikator för tunnelluft har delar av utredningsarbetet bestått i att ta fram underlag för att identifiera en lämplig indikator för kontroll av tunnelluft. Som en del i detta arbete gjordes en genomgång av andra länders riktvärden för tunnelluft vilket redovisas nedan. Även en uppdatering av kunskapsläget om tunnelluftens hälsokonsekvenser har gjorts. Dessa utredningar är tänkt att vara utgångspunkt för diskussion med myndigheter om nytt riktvärde för tunnelluft.

4.1 Luftföroreningar i tunnlar – jämförelse av riktvärden

Det saknas fortfarande mycket kunskap kring luftkvalitet i tunnlar och vilka krav som bör ställas på tunnelluften. Det finns inget EU direktiv som reglerar luftkvaliteten i tunnlar.

I ett internationellt perspektiv dimensioneras tunnelventilation ofta utifrån rekommendationer givna av PIARC⁶, som är ett internationellt samarbetsorgan inom vägtrafiksektorn. Traditionellt har CO använts. PIARC anger 70 ppm för år 2010. Vissa myndigheter har antagit WHO's riktvärden på 87 ppm (15 minuters medelvärde) och 50 ppm (30 minutersvärde) som dimensionerande i tunnlar. Norge och England har riktvärden för flera föreningar, se tabell nedan.

I Stockholm idag, bland annat i Södra Länken får riktvärdet 400 µg/m³ NO₂, räknat som medelvärde under en timme, inte överstigas på någon plats i tunneln. Enligt kontrollprogrammet för Götatunneln i Göteborg räknas maxvärdet om 400 µg/m³ NO₂ som medel-

⁵ Korrigerat utifrån antagandet att relevant avgasexponering motsvaras av en sex gånger högre kvävedioxidhalt.

⁶ Permanent International Association of Road Congresses, numera kallad World Road Association.

värde vid färd genom tunneln. Luftföroreningshalterna i en tunnel ökar successivt och är som högst i direkt anslutning till mynningarna. Som ett exempel kan nämnas att kvävedioxidhalterna i Götatunneln fördubblas under färden genom tunneln. Om man jämför kraven i Göteborg med värdet i Stockholm så är det svårare att klara kravet i Stockholm. I Göteborg får värdet överskridas 43 timmar per år och avser dessutom inte högsta värdet på en viss plats i tunneln, utan medelvärdet längs hela tunnelsträckan.

Tabell 3. Riktvärden för luft i tunnlar i olika länder samt i Stockholm och Göteborg. Dimensionerande för ventilation.

Plats	CO	NOx	NO ₂	TSP	NO	Medelvärdesperiod
Norge ¹⁾	200 ppm (232 mg/m ³)	15 ppm (29 mg/m ³)	1,5 ppm (2,9 mg/m ³)	1,5 mg/m ³	-	?
Österrike	100 ppm (116 mg/m ³)	-	-	-	25 ppm (48 mg/m ³)	?
England ²⁾	200 ppm (232 mg/m ³)		5 ppm (9,6 mg/m ³)		35 ppm (44 mg/m ³)	15 minuter
Stockholm (gränsvärde)			0,4 mg/m ³ (400 µg/m ³)			Maxvärde för alla platser i tunneln under en timme
Göteborg (gränsvärde)	30 mg/m ³		0,4 mg/m ³ (400 µg/m ³)			Timmedelvärde för färd genom tunneln. Får överskridas 43 timmar per år.

¹⁾ Designkriterier för ventilationssystem.

²⁾ Maximalt tillåtna nivåer i tunnlar.

Observera att värdena i tabellen ovan avser olika tidsperioder. Till exempel gäller det engelska riktvärdet om 9,6 mg/m³ NO₂ för en tidsperiod av 15 minuter medan riktvärdet om 0,4 mg/m³ i Stockholm avser en timmes medelvärde. Om riktvärdet 0,4 mg/m³ skulle räknas om för att gälla 15 minuter innebär det 1,6 mg/m³, vilket är ett betydligt strängare krav jämfört med i England.

4.2 Lämplig indikator för tunnelluft

Historiskt har kolmonoxid (CO) använts för reglering av tunnelventilation. Men CO-utsläppen har sjunkit drastiskt tack vare katalytisk avgasrening, betydligt mera än utsläppen av t ex partiklar och NO₂. Detta gör att CO är en mindre lämplig indikator.

En bättre indikator på avgasemissionerna är den totala halten av kväveoxider, NOx (summan av NO och NO₂). NOx är i stort sett inert i tunnelmiljön. Ett annat alternativ är att använda PM10 och elementärt kol, vilket skulle spegla både slitagepartiklar (vägdamm) och avgaspartiklar. Halten av PM2.5 skulle eventuellt kunna användas som indikator. I det fortsatta

utredningsarbetet kommer lämpligheten som indikator hos dessa ämnen att undersökas, bland annat deras mätbarhet.

Förhållandet mellan partikelemissioner och avgasmissioner förändras med tiden beroende på fordonsutveckling, avgasreningsteknik och dubbdäckanvändning. Därför bör man kontinuerligt se över gränsvärdet/värdena så att de avspeglar hälsoriskerna förknippat med aktuell blandning av föroreningar i tunnelluften.

4.3 Riktlinjer för Förbifart Stockholms tunnelluft

Miljö kvalitetsnormerna för omgivningsluft ger inget fullständigt skydd vare sig mot akuta eller kroniska effekter eftersom tröskeleffekter många gånger inte kunnat påvisas, och även accepterade halter tycks kunna leda till oönskade effekter.

Vad gäller kraven på luftkvaliteten i tunnelmiljön kan dessa rimligen inte vara mer stränga än miljö kvalitetsnormerna. Mer rimligt är att med hänsyn till de kortare exponeringstiderna, samt att det är en trafikplats man kan välja att undvika, medge högre halter. Halterna bör dock inte få vara så höga att det uppkommer betydande akuta risker.

Vad gäller långtidseffekter så kommer exponeringstillskottet i tunnelmiljön adderas till den totala exponeringen av föroreningar man får över dygnet genom vistelse i olika miljöer vilken kan medföra kroniska sjukdomar. Exponeringen i tunnelmiljö bör därför begränsas så långt som möjligt, även med hjälp av trafikreglering så att långa uppehållstider i tunneln undviks och genom att förbättra bilarnas partikelrening.

5 Åtgärder

För att minimera de negativa hälsokonsekvenserna av tunnelluft finns tre metoder; att ventilera bort luftföroreningarna, att rena tunnelluften och att begränsa användningen av vägen vid risk för höga halter.

5.1 Tunnelventilation

Den grundläggande åtgärden för att minska luftföroreningshalterna i tunneln är en effektiv styrning av ventilationen utifrån lämplig indikator. Det är dock viktigt att poängtera att tunnelventilation är mycket energikrävande och därför är det viktigt att identifiera riktvärden som är acceptabla ur hälsosynpunkt och ur energisynpunkt.

5.2 Rening av tunnelluft

I andra länder används system för att rena luften i tunnlar. Detta gäller framför allt rening av partiklar. Erfarenheterna har varit blandade. För partiklar används elektrostatiske filter vilka är effektiva för rening av grova partiklar men mindre effektiva för ultrafina avgaspartiklar. I Norge har partikelfilter använts under lång tid och reningsgraden har varit hög (90% - 95% för PM10). Vad gäller grova partiklar är en minskad dubbandel det bästa sättet att uppnå minskade halter i Stockholms tunnlar. Dammbindning har testats i Södra länken med gott resultat men med halkriskproblem.

Även i Japan är användningen av luftrening utbredd, för partiklar men även för NO₂. Andra nya tekniker för rening av luften i tunnlar finns också, men erfarenheter saknas. Detta är dock något som bör studeras i det fortsatta arbetet med Förbifart Stockholm.

5.3 Information och trafikstyrning

Om man inte genom ventilation eller rening av luft lyckas nå de halter som krävs för att undvika korttidseffekter kan man ha ett system med information om luftkvalitetsförhållandena i tunneln. På detta sätt kan känsliga personer undvika att köra i tunneln. Trafikstyrning mm för att minimera risken för köer är också ett viktigt instrument.

6 Samlad bedömning

Den viktigaste hälsokonsekvensen av Förbifart Stockholm är att den medför lägre luftföroreningshalter på många tätbefolkade platser i Stockholm. Det innebär lägre exponering där människors bor och vistas och färre antal förtida dödsfall än i nollalternativet. Samtidigt erhålls dock en ökad trafikantexponering i tunneln vilket medför fler antal förtida dödsfall hos trafikanter än i nollalternativet. De teoretiska beräkningarna ger sammanfattningsvis följande resultat: Bland länets innevånare minskar antalet förtida dödsfall med ca 10 - 20 personer per år, medan antalet förtida dödsfall bland trafikanter ökar med ca 5 personer per år på grund av Förbifart Stockholms tunnelpassager.

Den ökade exponeringen i tunneln är något man kan välja att undvika genom att färdas längs ytvägnätet. Eftersom Förbifart Stockholm medför väsentliga förbättringar för länets innevånare som helhet, bedöms ökningen av ett fåtal förtida dödsfall av trafikanter vara acceptabel.

Vägverket kommer eftersträva så låga föroreningshalter i Förbifart Stockholms tunnlar som det är tekniskt och ekonomiskt möjligt, för att minska risken för trafikanter. Den tekniska utvecklingen medför även att problemen med höga halter i tunneln successivt minskar och på längre sikt bedöms det inte vara några problem med att klara halter som inte medför korttidseffekter för känsliga personer och som medför liten risk för uppkomst av kroniska sjukdomar.

Referenser

Hälsokonsekvenser av luftföroreningsexponering vid tunnelalternativ respektive ytvägar. Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin, Umeå Universitet, 2003.

PM Hälsorisker av luftföroreningar i vägtunnelluft. Institutionen för folkhälsa och klinisk medicin, Umeå Universitet, 2008.

Underlag och förutsättningar för fortsatt projektering om luftkvalitet för Förbifart Stockholm, SLB-analys rapport 5:2008.